

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

#4/1000
6/67/2
Kush
11040 U.S. PTO
10/043812
01/10/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2001年 1月18日

出願番号
Application Number:

特願2001-010887

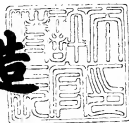
出願人
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2001年11月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-31015

【書類名】 特許願

【整理番号】 P005444

【特記事項】 特許法第30条第1項の規定の適用を受けようとする特許出願

【提出日】 平成13年 1月18日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【発明者】

・ 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 瀬尾 哲史

【発明者】

・ 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【特許出願人】

・ 【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

・ 【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

・ 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に挟まれた有機化合物膜と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物膜は、前記陽極から正孔を受け取る正孔注入性化合物、電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性化合物、正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性化合物、前記陰極から電子を受け取る電子注入性化合物、正孔または電子の移動を阻止しうるブロッキング性化合物、の一群から選ばれる少なくとも二つの化合物を含有し、かつ、前記少なくとも二つの化合物は真空蒸着できる材料であり、かつ、前記少なくとも二つの化合物が混合している領域を有し、なおかつ、前記有機発光素子の電流－電圧特性は整流性を示すことを特徴とする発光装置。

【請求項2】

請求項1に記載の発光装置において、前記少なくとも二つの化合物はホストであり、前記少なくとも二つの化合物が混合している領域に、ゲストが添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項3】

請求項2において、前記ゲストは、発光を呈する発光性化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項4】

陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に挟まれた有機化合物膜と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物膜は、真空蒸着できる第一の有機化合物と、前記第一の化合物とは異なるが真空蒸着できる第二の有機化合物と、を含有し、かつ、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物が混合している領域を有し、かつ、前記領域内において前記第一の有機化合物の濃度および前記第二の有機化合物の濃度が変化しており、なおかつ、前記有機発光素子の電流－電圧特性は整流性を示すことを特徴とする発光装置。

【請求項5】

陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に挟まれた有機化合物膜と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物膜は、真空蒸着できる第一の有機化合物と、前記第一の化合物とは異なるが真空蒸着できる第二の有機化合物と、を含有し、かつ、前記第一の有機化合物の濃度および前記第二の有機化合物の濃度が連続的に変化する領域を有し、なおかつ、前記有機発光素子の電流-電圧特性は整流性を示すことを特徴とする発光装置。

【請求項6】

請求項4または請求項5に記載の発光装置において、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物は、前記陽極から正孔を受け取る正孔注入性、電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性、正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性、前記陰極から電子を受け取る電子注入性、正孔または電子の移動を阻止しうるブロッキング性、発光を呈する発光性、の一群から選ばれる性質を有し、かつ、それぞれ異なる前記性質を有することを特徴とする発光装置。

【請求項7】

請求項4または請求項5に記載の発光装置において、前記第一の有機化合物は電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性であり、かつ、前記第二の有機化合物は正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性であり、前記陽極から前記陰極へ方向に対し、前記第一の有機化合物の濃度は減少するとともに前記第二の有機化合物の濃度は増加することを特徴とする発光装置。

【請求項8】

請求項4または請求項5に記載の発光装置において、前記第一の有機化合物は電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性であり、かつ、前記第二の有機化合物は発光を呈する発光性であり、前記陽極から前記陰極へ方向に対し、前記第一の有機化合物の濃度は減少するとともに前記第二の有機化合物の濃度は増加することを特徴とする発光装置。

【請求項9】

請求項4または請求項5に記載の発光装置において、前記第一の有機化合物は発光を呈する発光性であり、かつ、前記第二の有機化合物は正孔移動度よりも電子

移動度の方が大きい電子輸送性であり、前記陽極から前記陰極への方角に対し、前記第一の有機化合物の濃度は増加するとともに前記第二の有機化合物の濃度は減少することを特徴とする発光装置。

【請求項10】

請求項4乃至請求項9のいずれかに記載の発光装置において、前記第一の有機化合物は、芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項11】

請求項4乃至請求項9のいずれかに記載の発光装置において、前記第一の有機化合物は、4, 4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル、または4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル、または4, 4', 4"-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-トリフェニルアミン、であることを特徴とする発光装置。

【請求項12】

請求項4乃至請求項9のいずれかに記載の発光装置において、前記第二の有機化合物は、キノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントロリン誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項13】

請求項4乃至請求項9のいずれかに記載の発光装置において、前記第二の有機化合物は、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム、またはビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト)ベリリウム、または2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール、または1, 3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン、または3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニリル)-1, 2, 4-トリアゾール、または3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニリル)-1, 2, 4-トリアゾールであることを特徴とする発光装置。

【請求項14】

請求項4乃至請求項13のいずれかに記載の発光装置において、前記有機化合物膜は、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物とは異なるが真空蒸着できる第三の有機化合物を含有し、かつ、前記第三の有機化合物が、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の両方を含む領域にゲストとして添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項15】

請求項14に記載の発光装置において、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物は、前記陽極から正孔を受け取る正孔注入性化合物、電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性化合物、正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性化合物、前記陰極から電子を受け取る電子注入性化合物、正孔または電子の移動を阻止しうるブロッキング性化合物、の一群から選ばれる化合物であり、かつ、前記第三の有機化合物は、発光を呈する発光性化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項16】

請求項14または請求項15に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、キノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾオキサゾール骨格を含む金属錯体、またはベンゾチアゾール骨格を含む金属錯体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項17】

請求項14または請求項15に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム、またはトリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム、またはビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリノラト)ベリリウム、であることを特徴とする発光装置。

【請求項18】

請求項14または請求項15に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、三重項励起状態からの発光を呈する発光性化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項19】

請求項14または請求項15に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、白金を中心金属とする金属錯体、またはイリジウムを中心金属とする金属錯体であることを特徴とする発光装置。

【請求項20】

請求項14または請求項15に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、(2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-21H-23H-ポルフィリン)白金、またはトリス(2-フェニルピリジン)イリジウム、またはトリス(2-(4-メチルフェニル)-ピリジン)イリジウムであることを特徴とする発光装置。

【請求項21】

請求項14に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物に比べて、最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項22】

請求項14に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、フェナントリン誘導体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体であることを特徴とする発光装置。

【請求項23】

請求項14に記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は、バソフェナントロリン、またはバソキュプロイン、または2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール、または1, 3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン、または3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール、または3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニル)-1, 2, 4-トリアゾールであることを特徴とする発光装置。

【請求項24】

請求項4乃至請求項23のいずれかに記載の発光装置において、前記第一の有

機化合物または前記第二の有機化合物を構成する元素のうち、SIMSにより検知できる前記元素の検出量が、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、連続的に変化する領域を有することを特徴とする発光装置。

【請求項 25】

請求項 4 乃至請求項 23 のいずれかに記載の発光装置において、前記第一の化合物または前記第二の化合物は金属元素を有する金属錯体であり、SIMSにより検知できる前記金属元素の検出量が、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、連続的に変化する領域を有することを特徴とする発光装置。

【請求項 26】

請求項 25 に記載の発光装置において、前記金属元素はアルミニウム、または亜鉛、またはベリリウムであることを特徴とする発光装置。

【請求項 27】

請求項 14 乃至請求項 23 のいずれかに記載の発光装置において、前記第三の有機化合物を構成する元素のうち、SIMSにより検知できる前記元素の検出領域は、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の両方を含む領域であることを特徴とする発光装置。

【請求項 28】

請求項 14 乃至請求項 23 のいずれかに記載の発光装置において、前記第三の有機化合物は金属元素を有する金属錯体であり、SIMSにより検知できる前記金属元素の検出領域は、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の両方を含む領域であることを特徴とする発光装置。

【請求項 29】

請求項 28 に記載の発光装置において、前記金属元素は、アルミニウム、または亜鉛、またはベリリウムであることを特徴とする発光装置。

【請求項 30】

請求項 28 に記載の発光装置において、前記金属元素は、イリジウムまたは白金であることを特徴とする発光装置。

【請求項 31】

電極を有する基板が設置されており、なおかつ一種類の有機化合物が収容された

容器からなる有機化合物蒸着源が n 個 (n は2以上の整数) 設けられた、一つの真空槽内を、 10^{-3} パスカル以下に減圧した初期減圧状態した後、前記真空槽内を減圧するためのポンプを作用させたままの状態、1番目の有機化合物蒸着源に含まれる1番目の有機化合物から n 番目の有機化合物蒸着源に含まれる n 番目の有機化合物までを前記基板上に順次蒸着する手順において、 k 番目 (k は、 $1 \leq k \leq (n-1)$ なる整数) の有機化合物を蒸着した後、次いで $k+1$ 番目の有機化合物を蒸着する際に、 k 番目の有機化合物蒸着源は加熱されていない状態で、かつ、前記真空槽内に前記 k 番目の有機化合物の雰囲気が残存する状態で、蒸着することを特徴とする、有機発光素子を含む発光装置の製造方法。

【請求項32】

第一の電極を有する基板が設置されており、なおかつ一種類の有機化合物が収容された容器からなる有機化合物蒸着源が n 個 (n は2以上の整数) 設けられ、なおかつ第二の電極を構成する材料が収容された容器からなる電極材料蒸着源が設けられた、一つの真空槽内を、 10^{-3} パスカル以下に減圧した初期減圧状態した後、前記真空槽内を減圧するためのポンプを作用させたままの状態、1番目の有機化合物蒸着源に含まれる1番目の有機化合物から n 番目の有機化合物蒸着源に含まれる n 番目の有機化合物までを前記基板上に順次蒸着する手順において、 k 番目 (k は、 $1 \leq k \leq (n-1)$ なる整数) の有機化合物を蒸着した後、次いで $k+1$ 番目の有機化合物を蒸着する際に、 k 番目の有機化合物蒸着源は加熱されていない状態で、かつ、前記真空槽内に前記 k 番目の有機化合物の雰囲気が残存する状態で、蒸着し、 n 番目の有機化合物を蒸着し終わった後、さらに第二の電極を前記基板上に蒸着することによって得られた前記基板を、 10^{-4} パスカル以下の減圧下において加熱処理することを特徴とする、有機発光素子を含む発光装置の製造方法。

【請求項33】

電極を有する基板が設置されており、なおかつ一種類の有機化合物が収容された容器からなる有機化合物蒸着源が n 個 (n は2以上の整数) 設けられた、一つの真空槽内を、 10^{-3} パスカル以下に減圧した初期減圧状態した後、前記真空槽内を減圧するためのポンプを作用させたままの状態、1番目の有機化合物蒸着源に

含まれる1番目の有機化合物からn番目の有機化合物蒸着源に含まれるn番目の有機化合物までを前記基板上に順次蒸着する手順において、k番目(k は、 $1 \leq k \leq (n-1)$ なる整数)の有機化合物を蒸着した後、次いで $k+1$ 番目の有機化合物を蒸着する際に、前記真空槽内が前記初期減圧状態よりも高い気圧状態にて蒸着することを特徴とする、有機発光素子を含む発光装置の製造方法。

【請求項34】

第一の電極を有する基板が設置されており、なおかつ種類の有機化合物が収容された容器からなる有機化合物蒸着源が n 個(n は2以上の整数)設けられ、なおかつ第二の電極を構成する材料が収容された容器からなる電極材料蒸着源が設けられた、一つの真空槽内を、 10^{-3} パスカル以下に減圧した初期減圧状態した後、前記真空槽内を減圧するためのポンプを作動させたままの状態、1番目の有機化合物蒸着源に含まれる1番目の有機化合物からn番目の有機化合物蒸着源に含まれるn番目の有機化合物までを前記基板上に順次蒸着する手順において、k番目(k は、 $1 \leq k \leq (n-1)$ なる整数)の有機化合物を蒸着した後、次いで $k+1$ 番目の有機化合物を蒸着する際に、前記真空槽内が前記初期減圧状態よりも高い気圧状態にて蒸着し、n番目の有機化合物を蒸着し終わった後、さらに第二の電極を前記基板上に蒸着することによって得られた前記基板を、 10^{-4} パスカル以下の減圧下において加熱処理することを特徴とする、有機発光素子を含む発光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】

本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む膜(以下、「有機化合物膜」と記す)と、を有する有機発光素子を用いた発光装置に関する。本発明では特に、有機化合物膜が真空蒸着可能な低分子化合物を含み、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ素子の寿命が長い有機発光素子を用いた発光装置、およびその製造方法に関する。なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子として有機発光素子を用いた画像表示デバイスもしくは発光デバイスを指す。また、有機発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム(

FPC: Flexible printed circuit) もしくはTAB (Tape Automated Bonding) テープもしくはTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または有機発光素子にCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

【0002】

【従来の技術】

有機発光素子は、電界を加えることにより発光する素子である。その発光機構は、電極間に有機化合物膜を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔が有機化合物膜中の発光中心で再結合して分子励起子を形成し、その分子励起子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光すると言われている。

【0003】

なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

【0004】

このような有機発光素子において、通常、有機化合物膜は $1\mu\text{m}$ を下回るほどの薄膜で形成される。また、有機発光素子は、有機化合物膜そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、有機発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

【0005】

また、例えば $100\sim 200\text{nm}$ 程度の有機化合物膜において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、有機化合物膜のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

【0006】

さらに、有機発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず有機化合物膜の厚みを100nm程度の均一な超薄膜とし、また、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはヘテロ構造（二層構造）を導入することによって、5.5Vで100cd/m²の十分な輝度が達成された（文献1：C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Applied Physics Letters, vol. 51, No.12, 913-915 (1987)）。

【0007】

こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、有機発光素子は次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比較的良好であり、携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

【0008】

ところで、文献1において示された有機発光素子の構成であるが、まず、キャリア注入障壁を小さくする方法として、仕事関数が低い上に比較的安定なMg:Ag合金を陰極に使い、電子の注入性を高めている。このことにより、有機化合物膜に大量のキャリアを注入することを可能としている。

【0009】

さらに有機化合物膜として、ジアミン化合物からなる正孔輸送層とトリス（8-キノリノラト）アルミニウム（以下、「Alq₃」と記す）からなる電子輸送性発光層とを積層するという、シングルヘテロ構造を適用することにより、キャリアの再結合効率を飛躍的に向上させている。このことは、以下のように説明される。

【0010】

例えば、Alq₃単層のみを有する有機発光素子の場合では、Alq₃が電子輸送性であるため、陰極から注入された電子のほとんどは正孔と再結合せずに陽極に達してしまい、発光の効率は極めて悪い。すなわち、単層の有機発光素子を効率よく発光させる（あるいは低電圧で駆動する）ためには、電子および正孔の両方をバランスよく輸送できる材料（以下、「バイポーラー材料」と記す）を用いる必要があり、Alq₃はその条件を満たしていない。

【0011】

しかし、文献1のようなシングルヘテロ構造を適用すれば、陰極から注入された電子は正孔輸送層と電子輸送性発光層との界面でブロックされ、電子輸送性発光層中へ閉じこめられる。したがって、キャリアの再結合が効率よく電子輸送性発光層で行われ、効率のよい発光に至るのである。

【0012】

このようなキャリアのブロッキング機能の概念を発展させると、キャリアの再結合領域を制御することも可能となる。その例として、正孔をブロックできる層（正孔ブロッキング層）を正孔輸送層と電子輸送層との間に挿入することにより、正孔を正孔輸送層内に閉じこめ、正孔輸送層の方を発光させることに成功した報告がある。（文献2：Yasunori KIJIMA, Nobutoshi ASAI and Shin-ichiro TAMURA, "A Blue Organic Light Emitting Diode", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, 5274-5277(1999)）。

【0013】

また、文献1における有機発光素子は、いわば正孔の輸送は正孔輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、機能分離の発想であるとも言える。この機能分離の概念はさらに、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造（三層構造）の構想へと発展した（文献3：Chihaya ADACHI, Shizuo TOKITO, Tetsuo TSUTSUMI and Shogo SAITO, "Electroluminescence in Organic Films with Three-Layered Structure", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 27, No. 2, L269-L271(1988)）。

【0014】

こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャリア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

【0015】

これらの利点から、文献1で述べられた積層構造の概念（キャリアブロッキング機能あるいは機能分離）自体は、現在に至るまで広く利用されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、以上で述べたような積層構造は異種物質間の接合であるため、その界面には必ずエネルギー障壁が生じることになる。エネルギー障壁が存在すれば、その界面においてキャリアの移動は妨げられるため、以下に述べるような二つの問題点が提起される。

【0017】

まず一つは、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になるという点である。実際、現在の有機発光素子において、駆動電圧に関しては共役ポリマーを用いた単層構造の素子の方が優れており、パワー効率（単位：[lm/W]）でのトップデータ（ただし、一重項励起状態からの発光を比較）を保持していると報告されている（文献4：筒井哲夫、「応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌」、Vol. 11, No. 1, P.8 (2000)）。

【0018】

なお、文献4で述べられている共役ポリマーはバイポーラー材料であり、キャリアの再結合効率に関しては積層構造と同等なレベルが達成できる。したがって、バイポーラー材料を用いるなどの方法で、積層構造を用いることなくキャリアの再結合効率さえ同等にできるのであれば、界面の少ない単層構造の方が実際は駆動電圧が低くなることを示している。

【0019】

例えば電極との界面においては、エネルギー障壁を緩和するような材料を挿入し、キャリアの注入性を高めて駆動電圧を低減する方法がある（文献5：Takeo Wakimoto, Yoshinori Fukuda, Kenichi Nagayama, Akira Yokoi, Hitoshi Nakada, and Masami Tsuchida, "Organic EL Cells Using Alkaline Metal Compounds as Electron Injection Materials", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 44, NO. 8, 1245-1248(1997)）。文献5では、電子注入層として Li_2O を用いることにより、駆動電圧の低減に成功している。

【0020】

しかしながら、有機材料間（例えば正孔輸送層と発光層との間のことであり、以下、「有機界面」と記す）のキャリア移動性に関してはいまだ未解決の分野であり、単層構造の低駆動電圧に追いつくための重要なポイントであると考えられる。

【0021】

さらに、エネルギー障壁に起因するもう一つの問題点として、有機発光素子の素子寿命に対する影響が考えられる。すなわち、キャリアの移動が妨げられ、チャージが蓄積することによる輝度の低下である。

【0022】

この劣化機構に関してははっきりした理論は確立されていないが、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を挿入し、さらにdc駆動ではなく矩形波のac駆動にすることによって、輝度の低下を抑えることができるという報告がある（文献6：S. A. VanSlyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol. 69, No. 15, 2160-2162(1996)）。このことは、正孔注入層の挿入およびac駆動によって、チャージの蓄積を排除することにより、輝度の低下を抑えることができたという実験的な裏付けと言える。

【0023】

以上のことから、積層構造は容易にキャリアの再結合効率を高めることができ、なおかつ機能分離の観点から材料の選択幅を広くできるというメリットを持つ一方で、有機界面を多数作り出すことによってキャリアの移動を妨げ、駆動電圧や輝度の低下に影響を及ぼしていると言える。

【0024】

そこで本発明では、従来用いられている積層構造とは異なる概念の素子を作製することにより、有機化合物膜中に存在するエネルギー障壁を緩和してキャリアの移動性を高めると同時に、なおかつ積層構造の機能分離と同様に各種複数の材料の機能を発現させる（以下、「機能発現」と記す）ことを課題とする。それにより、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を提供するこ

とを課題とする。

【0025】

また、このような有機発光素子を用いることにより、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ寿命の長い発光装置を提供することを課題とする。さらに、前記発光装置を用いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で、なおかつ長保ちする電気器具を提供することを課題とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】

積層構造におけるエネルギー障壁の緩和に関しては、文献5に見られるようなキャリア注入層の挿入という技術に顕著に見られる。正孔注入層を例として、エネルギーバンドダイアグラムを用いた説明を図1に示す。

【0027】

図1(a)では陽極101と正孔輸送層102を直接接合しているが、この場合、陽極101と正孔輸送層102のエネルギー障壁104は大きい。しかしながら、陽極のイオン化ポテンシャルと正孔輸送層の最高被占分子軌道（以下、「HOMO」と記す）準位との中間に位置するHOMO準位を有する材料を、正孔注入層103として挿入することにより、エネルギー障壁を階段状に設計することができる（図1(b)）。

【0028】

図1(b)のような階段状のエネルギー障壁を設計することにより、電極からのキャリア注入性を高め、確かに駆動電圧をある程度までは下げることができる。しかしながら問題点は、層の数を増やすことによって、有機界面の数は逆に増加することである。このことが、文献4で示されているように、単層構造の方が駆動電圧・パワー効率のトップデータを保持している原因であると考えられる。

【0029】

逆に言えば、この点を克服することにより、積層構造のメリット（様々な材料を組み合わせることができ、複雑な分子設計が必要ない）を活かしつつ、なおかつ単層構造の駆動電圧・パワー効率に追いつくことができる。

【0030】

そこで本発明者は、2種類以上の真空蒸着可能な有機化合物を含む有機化合物膜

において、実質上有機化合物膜中の界面をなくし、有機化合物膜中のエネルギー障壁を緩和する手法を考案した。

【0031】

すなわち、有機化合物膜が、陽極から正孔を受け取る正孔注入性化合物、電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性化合物、正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性化合物、陰極から電子を受け取る電子注入性化合物、正孔または電子の移動を阻止しうるブロッキング性化合物、の一群から選ばれ、真空蒸着可能な少なくとも二つの化合物を含有する場合、その少なくとも二つの化合物が混合している領域（以下、「混合領域」と記す）を設けることにより、実質上有機化合物膜中の界面をなくす手法である（請求項1）。以下ではこの手法を、混合接合と記す。

【0032】

このような混合接合を形成する場合において、混合領域に対してゲストをドーピングする手法も考えられる。混合領域においては、キャリアの移動が潤滑であると考えられるため、ゲストとして発光を呈する発光性化合物を用いることが好ましい（請求項2または請求項3）。

【0033】

以上で述べたような混合接合を実施することにより、明瞭な積層構造を示すことなく（すなわち、明確な有機界面がなく）、かつ、機能発現が可能な有機発光素子を作製できる。

【0034】

また、第一の有機化合物と、前記第一の有機化合物とは異なる第二の有機化合物と、を含有している有機化合物膜中において、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物が混合しており、かつ、前記第一の有機化合物の濃度および前記第二の有機化合物の濃度が変化している領域（以下、「濃度変化領域」と記す）を設ける手法も、本発明に好適である。すなわち、混合領域に濃度変化を付与する概念であるとも言える（請求項4）。さらに、濃度変化領域における濃度変化は、連続的であればなお好ましい（請求項5）。以下ではこれらの手法を、「連続接合」と記すことにする。

【0035】

従来の積層構造および本発明の連続接合の概念図を図2に示す。図2(a)は従来の積層構造(シングルヘテロ構造)である。すなわち、第一の有機化合物201および第二の有機化合物202からなる有機化合物膜203aを有し、かつ、第一の有機化合物層201aおよび第二の有機化合物層202aから形成される積層構造(あるいは、明確な有機界面と言ってもよい)が存在している。この場合、第一の有機化合物201の濃度および第二の有機化合物202の濃度が徐々に変化する領域は存在せず、不連続になっていることがわかる(すなわち、有機界面において、濃度が0%から100%に変化、あるいは100%から0%に変化している)。

【0036】

しかしながら本発明(図2(b))の場合、有機化合物膜203b内に、第一の有機化合物201の濃度および第二の有機化合物202の濃度が徐々に変化する領域(すなわち濃度変化領域204b)が存在するため、明確な有機界面は存在しない。しかしながら、第一の有機化合物が機能を発現できる領域(第一機能領域201b)および第二の有機化合物が機能を発現できる領域(第二機能領域202b)は存在するため、各材料の機能は発現できる。なお、図2(b)では特に、その濃度変化が連続的である連続接合を図示してある。

【0037】

以上で述べたような連続接合を実施することにより、明確な積層構造を示すことなく(すなわち、明確な有機界面がなく)、かつ、機能発現が可能な有機発光素子を作製できる。

【0038】

ところで、濃度変化領域に含まれる第一の有機化合物および第二の有機化合物は、本発明の概念(すなわち、積層構造を用いずに、各種複数の材料の機能を発現する)の観点から、異なる機能を有することが好ましい。

【0039】

したがって、第一の有機化合物および第二の有機化合物が、陽極から正孔を受け取る正孔注入性、電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性、正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性、陰極から電子を受け取る電子注

入性、正孔または電子の移動を阻止しうるブロッキング性、発光を呈する発光性、の一群から選ばれる性質を有し、かつ、それぞれ異なる前記性質を有する場合を、本発明に含めるものとする（請求項6）。

【0040】

特に、第一の有機化合物を正孔輸送性とし、第二の有機化合物を電子輸送性として、陽極から陰極へ方向に対し、第一の有機化合物の濃度は減少するとともに第二の有機化合物の濃度は増加するように連続接合を形成したものは、キャリアバランスの観点から好ましい手法である（請求項7）。

【0041】

また、濃度変化領域に含まれる第二の有機化合物が発光性であり、かつ、第一の有機化合物が正孔輸送性であれば、陽極から陰極へ方向に対し、第一の有機化合物の濃度は減少するとともに第二の有機化合物の濃度は増加する濃度変化領域の形成が好ましい（濃度変化領域において、陽極側で正孔輸送性の材料が高濃度になるようにする）（請求項8）。

【0042】

逆に、濃度変化領域に含まれる第一の有機化合物が発光性であり、かつ、第二の有機化合物が電子輸送性であれば、陽極から陰極へ方向に対し、第一の有機化合物の濃度は増加するとともに第二の有機化合物の濃度は減少する濃度変化領域の形成が好ましい（濃度変化領域において、陰極側で電子輸送性の材料が高濃度になるようにする）（請求項9）。

【0043】

なお、第一の有機化合物としては、正孔輸送性の高い芳香族ジアミン化合物が好ましく（請求項10）、特に請求項11で示した化合物が主に用いられる。また、第二の有機化合物としては、電子輸送性の高いベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントロリン誘導体为好ましく（請求項12）、特に請求項13で示した化合物が主に用いられる。

【0044】

また、以上で述べたような連続接合を実施する際、濃度変化領域において、第三

の有機化合物をゲストとして添加することで、前記ゲストの機能を付与する手法が考えられる（請求項14）。機能発現の観点からは、発光を呈する発光性化合物をゲストとすることが好ましい（請求項15）。なぜならば、濃度変化領域を形成する第一の有機化合物および第二の有機化合物にはキャリアの輸送性ないしはブロッキング性を持たせ、その濃度変化領域に発光性化合物を添加することで、キャリアの再結合率を高め、発光効率が高くなると考えられるためである。

【0045】

その概念図を図3(a)に示す。図3(a)では、基板301上において、陽極302と陰極304との間に、第一の有機化合物および第二の有機化合物を含む有機化合物膜303を設け、その濃度変化領域305に発光を呈する発光性化合物306を添加して、発光領域とした。

【0046】

発光性化合物としては、安定に発光するキノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾオキサゾール骨格を含む金属錯体、またはベンゾチアゾール骨格を含む金属錯体が好ましく（請求項16）、特に請求項17で示した化合物が主に用いられる。

【0047】

ところで近年、発光効率の観点で言えば、三重項励起状態から基底状態に戻る際に放出されるエネルギー（以下、「三重項励起エネルギー」と記す）を発光に変換できる有機発光素子が、その高い発光効率ゆえに注目されている（文献7：D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson and S. R. Forrest, "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices", Applied Physics Letters, vol. 74, No. 3, 442-444 (1999)）（文献8：Tetsuo TSUTSUI, Moon-Jae YAN G, Masayuki YAHIRO, Kenji NAKAMURA, Teruichi WATANABE, Taishi TSUJI, Yoshinori FUKUDA, Takeo WAKIMOTO and Satoshi MIYAGUCHI, "High Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, L1502-L1504 (1999)）。

【0048】

文献7では白金を中心金属とする金属錯体を、文献8ではイリジウムを中心金属とする金属錯体を用いている。これらの三重項励起エネルギーを発光に変換できる有機発光素子（以下、「三重項発光素子」と記す）は、従来よりも高輝度発光・高発光効率を達成することができる。

【0049】

しかしながら、文献8の報告例によると、初期輝度を 500cd/m^2 に設定した場合の輝度の半減期は170時間程度であり、素子寿命に問題がある。そこで、本発明を三重項発光素子に適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。

【0050】

したがって、ゲストである第三の有機化合物として、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料を選択し、濃度変化領域に添加した場合も本発明に含めることとする（請求項18乃至請求項20）。

【0051】

第三の有機化合物として考えられるものは、発光を呈する発光性化合物に限る必要はない。特に、第一の有機化合物ないしは第二の有機化合物が発光を呈する場合には、第三の有機化合物として、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物に比べて、最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差（以下、「励起エネルギーレベル」と記す）が大きい化合物（すなわち、キャリアおよび分子励起子をブロッキングできる化合物）を用いることが好ましい（請求項21）。この手法により、第一の有機化合物および第二の有機化合物により形成された濃度変化領域において、キャリアの再結合率を高め、発光効率を高めることが可能となる。

【0052】

その概念図を図3(b)に示す。図3(b)では、基板301上において、陽極302と陰極304との間に、第一の有機化合物および第二の有機化合物を含む有機化合物膜303を設け、その濃度変化領域305にキャリアおよび分子励起子をブロッキングできる化合物307を添加した。

【0053】

なお、図3(b)では、濃度変化領域305に対し、さらに発光を呈する発光性化合物306を添加した発光領域も設けてある。すなわち、第三の有機化合物として発光を呈する発光性化合物を用いる手法(図3(a))と、併合した形態である。ここでは、キャリアおよび分子励起子をブロッキングできる化合物307の方が発光を呈する発光性化合物306よりも陰極側にあるため、キャリアおよび分子励起子をブロッキングできる化合物307は正孔ブロッキング性のものを用いればよい。

【0054】

キャリアおよび分子励起子をブロッキングできる化合物としては、励起エネルギーレベルの大きなフェナントロリン誘導体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体が好ましく(請求項22)、特に請求項23で示したような化合物が主として用いられる。

【0055】

ところで、以上で述べたような濃度変化領域を特定する場合に、SIMSによる元素分析が重要な技術になると考えられる。特に、濃度変化が連続的である場合は、図2で示した概念図からもわかるように、従来の積層構造と比べて顕著な差が現れると考えられる。

【0056】

したがって、第一の有機化合物または第二の有機化合物を構成する元素のうち、SIMSにより検知できる前記元素の検出量が、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、連続的に変化する領域を有する発光装置を、本発明に含めるものとする(請求項24)。

【0057】

また、第一の有機化合物または第二の有機化合物として金属錯体を用いた場合、金属元素を検出することで連続的な濃度変化を検知できる(請求項25)。有機発光素子としてよく用いられる金属錯体に含まれる金属元素としては、請求項26に述べたものが主流である。

【0058】

さらに、濃度変化領域に対して第三の有機化合物をゲストとして添加する場合、

SIMSにより検知できる第三の有機化合物の検出領域は、第一の有機化合物および第二の有機化合物の両方を含む領域（すなわち濃度変化領域）である発光装置も、本発明に含めるものとする（請求項27）。

【0059】

また、そのゲストとなる化合物、特に発光を呈する発光性化合物として、金属錯体が用いられることがある。したがって、第三の有機化合物は金属元素を有する金属錯体であり、SIMSにより検知できる前記金属元素の検出領域は、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の両方を含む領域（すなわち濃度変化領域）である発光装置も、本発明に含めるものとする（請求項27）。

【0060】

発光性化合物として用いられる金属錯体に含まれる金属元素としては、アルミニウム、または亜鉛、またはベリリウムが主流である（請求項28）。また、第三の有機化合物が三重項励起状態からの発光を呈する発光性化合物である場合、イリジウムや白金を中心金属とする金属錯体が主流であるため、イリジウムや白金を検出できる（請求項29）。

【0061】

以上のような本発明を実施することにより、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ寿命の長い発光装置を提供することができる。さらに、前記発光装置を用いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で、なおかつ長保ちする電気器具を提供することができる。

【0062】

【発明の実施の形態】

以下では、本発明を実施する際の形態について述べる。なお、有機発光素子は、発光を取り出すために少なくとも陽極または陰極の一方が透明であればよいが、本実施の形態では、基板上に透明な陽極を形成し、陽極から光を取り出す素子構造で記述する。実際は、陰極から光を取り出す構造や、基板とは逆側から光を取り出す構造も本発明に適用可能である。

【0063】

本発明を実施するに当たり、混合領域ないしは濃度変化領域を形成する製造工程

が重要になる。本発明者は、真空蒸着可能な低分子化合物を含む有機化合物膜において、真空蒸着プロセスを利用して混合領域ないしは濃度変化領域を形成する工程を考案した。そこで、ここでは本発明で開示する有機発光素子を用いた発光装置の製造方法について述べる。

【0064】

従来の工程、特に量産プロセスでは、正孔輸送材料、発光層材料、電子輸送材料等を真空蒸着により積層する際に、それぞれの材料がコンタミネーションしないようにするため、マルチチャンバー方式（インライン方式）の蒸着装置を用いる。その上面図を図4に示す。

【0065】

図4に示した例は、正孔輸送層・発光層・電子輸送層の三層構造（ダブルヘテロ構造）を形成するための蒸着装置の概念図である。まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、まず紫外線照射室において真空雰囲気中で紫外線を照射することにより、陽極表面をクリーニングする。特に陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う。さらに、積層構造の各層を形成するため、蒸着室401で正孔輸送層を、蒸着室402～404で発光層（図4では、赤、緑、青の三色）を、蒸着室405で電子輸送層を成膜し、蒸着室416で陰極を蒸着する。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0066】

このようなインライン方式の蒸着装置の特色としては、各層の蒸着を、それぞれことなる蒸着室401～405において蒸着していることである。したがって、それぞれの蒸着室401～405には、通常一つの蒸着源を設ければよい（ただし、蒸着室402～404において、色素をドーブすることにより発光層を形成する場合、共蒸着層を形成するために二つの蒸着源が必要になることもある）。つまり、各層の材料がほとんど互いに混入しないような装置構成となっている。

【0067】

一方、本発明の有機発光素子を作製する蒸着装置の概念図を、図5に示す。図5(a)はその上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽510を設置し、その真空槽

内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入性化合物、正孔輸送性化合物、電子輸送性化合物、電子注入性化合物、プロッキング性化合物、発光性化合物、陰極の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

【0068】

このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図5(a)では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機化合物膜を形成する全ての材料は、真空槽510内において蒸着される。陰極は、この真空槽510内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、有機化合物膜を一つの真空槽510内で形成すればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0069】

このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図5(b)（真空槽510の断面図）を用いて説明する。図5(b)では、図面簡略化のため、二つの蒸着源（有機化合物蒸着源a518および有機化合物蒸着源b519）を有する真空槽510を用い、第一の有機化合物516および第二の有機化合物517からなる混合領域ないしは濃度変化領域を形成する過程を示す。

【0070】

まず、真空槽510内に、陽極502を有する基板501を搬入し、固定台511にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。次に、真空槽510内を減圧（ 10^{-4} パスカル程度）した後、容器a512を加熱し、第一の有機化合物516を蒸発させ、所定の蒸着レート（単位： $\text{\AA}/\text{s}$ ）に達してからシャッター-a514を開け、蒸着を開始する。

【0071】

その後、シャッター-a514を閉じ、容器a512の加熱を終了することによって、第一の有機化合物516が蒸発しないようにするが、この時、真空槽510内には、第一の有機化合物が存在する雰囲気503が生じている。さらに、この状態を維持しつつ

、容器b513を加熱してシャッターb515を開けることによって、第二の有機化合物517を蒸発させる（図5(b)で示した状態）。この手順によって、混合領域ないしは濃度変化領域を有する有機化合物膜504を形成することが可能となる（請求項31）。

【0072】

また、先に蒸着した有機化合物が存在する雰囲気を利用するための具体的な方法として、図6(a)に概念図として示したように、真空槽内の圧力に着目する手法がある。すなわち、ある有機化合物を蒸発させると、蒸着を開始する前の初期減圧状態に比べて真空槽内の圧力は上昇するが、真空ポンプを作動させつつも初期減圧状態に戻りきらないうちに、次の有機化合物を蒸発させることによって、混合領域ないしは濃度変化領域を形成するものである（請求項33）。

【0073】

この手法を用いると、どうしても途中で明瞭な積層構造を形成したい場合でも、真空槽内の圧力が初期減圧状態以下に戻るまで待ち、その後次の有機化合物を蒸着することで実現できるため、応用範囲は広い。

【0074】

図6(a)のような真空度のプロファイルの具体例を、図6(b)に示す。図6(b)は、銅フタロシアニン（以下、「CuPc」と記す）、4, 4', 4"-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-トリフェニルアミン（以下、「MTDATA」と記す）、4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル（以下、「 α -NPD」と記す）、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム（以下、「Alq₃」と記す）を、一つの真空槽内で順に蒸着していったときの、真空槽内の圧力変化を示したものである。

【0075】

図6(b)において、加熱開始（図中のクローズド・サークル）とは、抵抗加熱に電流を流し始めてから有機化合物が蒸発し始めるまでの期間を表し、蒸着レート制御期間（図中のオープン・トライアングル）とは、有機化合物が蒸発し始めてからシャッターを開けるまでの期間を表し、蒸着期間（図中のオープン・スクウェア）とは、シャッターを開けて蒸着している期間を表し、インターバル（図中

のクロス)とは、次の有機化合物を加熱し始めるまでの期間を表している。プロットは10秒おきに記録したものである。

【0076】

図6(b)から、一つの真空槽内で有機化合物膜を形成する際に、インターバル等を短く設定することによって、先に蒸着した有機化合物が存在する雰囲気を利用できることがわかる。

【0077】

ところで、上で述べた混合領域ないしは濃度変化領域の形成手順(請求項31ないしは請求項33)に加えて、有機化合物膜および陰極の形成後、 10^{-4} バ斯卡ル以下の減圧下において加熱処理することが望ましい(請求項32ないしは請求項34)。このプロセスを加えることにより、有機分子同士の拡散を誘起し、濃度変化領域、特に連続的な濃度変化領域を形成することが容易となる。加熱処理の温度は、ガラス転移や体積変化などが生じない温度であればよいが、 $60^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 程度が好ましい。

【0078】

以上で述べたような製造方法により、本発明で開示した混合領域または濃度変化領域を形成することができる。

【0079】

【実施例】

【実施例1】

本実施例では、一つの真空槽内に二つの有機化合物の蒸着源が設置されている蒸着室において、本発明で開示した有機発光素子を作製した例を示す。

【0080】

まず、インジウム錫酸化物(以下、「ITO」と記す)をスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極を形成したガラス基板を用意する。この陽極を有するガラス基板を、真空槽内に搬入する。

【0081】

次に、本発明で開示したように、一つの真空槽内において4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル(以下、「TPD」

と記す)を蒸着し、次いで Alq_3 を蒸着し、トータル膜厚が100nm程度の有機化合物膜を形成した。最後に、陰極として $\text{Mg}:\text{Ag}$ 合金を150nm程度蒸着した。

【0082】

このようにして作製された有機発光素子の、断面TEM写真を図7に示す。図7のように、有機化合物膜中にTPDおよび Alq_3 より形成される明確な有機界面は存在しておらず、図2(a)のような従来の積層構造とは異なり、混合領域ないしは濃度変化領域が形成されていることが示唆される。

【0083】

本実施例にて作製した有機発光素子の、素子特性を図8に示す。I-V特性は、有機発光素子などの整流性を示す素子に特有の形状を呈している。また、発光スペクトルは Alq_3 の発光スペクトルに一致しており、TPDの正孔輸送性、 Alq_3 の発光性(および電子輸送性)という各機能は、それぞれ発現していることがわかる。

【0084】

【実施例2】

本実施例では、一つの真空槽内に複数の有機化合物の蒸着源が設置されている蒸着室において、本発明で開示した有機発光素子を作製した例を示す。ここでは、イリジウム錯体を発光性化合物として用いた三重項発光素子を作製した。

【0085】

イリジウム錯体を用いた三重項発光素子は、多くの場合、多層構造を形成して作製される。これは、一つにはイリジウム錯体を励起できるだけの大きな励起エネルギーを有するホスト材料に限られており、機能分離する必要があることが要因である。また、三重項分子励起子の拡散長は一重項分子励起子の拡散長に比べて非常に長い場合、分子励起子の拡散を防ぐためのブロッキング層が必要であることも要因の一つである。

【0086】

三重項発光素子の基本的構成を図9に示す(文献9:M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, "Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence", Applied Physics Letters, vol. 75, No. 1, 4-6 (1999))。文献9では、三重

項励起状態からの発光を呈するトリス（2-フェニルピリジン）イリジウム（以下、「Ir(ppy)₃」と記す）に対するホストとして、4, 4'-N, N'-ジカルバゾール-ビフェニル（以下、「CBP」と記す）を用いており、さらにブロッキング層としてバスキュロイン（以下、「BCP」と記す）を用いており、多層構造（文献9では四層構造）を形成している。

【0087】

ここでまず予備実験として、本発明で開示したように、一つの真空槽内において順次、 α -NPDを蒸着、10wt%のIr(ppy)₃とCBPを共蒸着、BCPを蒸着して作製した素子の断面を、TEMにて観察した。素子の構造、および膜厚モニター（水晶振動子）から算出した膜厚を、図10(a)に示す。また、その断面TEM写真を図11に示す。

【0088】

図11から、有機化合物膜中に明確な有機界面は存在しておらず、図9のような従来の多層構造とは異なり、混合領域ないしは濃度変化領域が形成されていることが示唆される。このことから、実際は図10(b)に示すとおり、 α -NPDが機能を発現できる領域1001、Ir(ppy)₃およびCBPが機能を発現できる領域1002、およびBCPが機能を発現できる領域1003は存在するものの、図10(a)の破線部分において、明確な有機界面は存在しないと考えた。

【0089】

明確な有機界面が存在しないことは確認できたが、実際に各材料が機能を発現し、発光に至るかどうかを確認するため、図12(a)に示すような素子を作製した。その作製方法を以下に示す。

【0090】

まず、インジウム錫酸化物（以下、「ITO」と記す）をスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極を形成したガラス基板を用意する。この陽極を有するガラス基板を、真空槽内に搬入する。

【0091】

次に、本発明で開示したように、一つの真空槽内において順次、 α -NPDを蒸着し、次いで7wt%のIr(ppy)₃とCBPを共蒸着し、BCPを蒸着し、さらに電子輸送性を

陰極側に付与するため Alq_3 を蒸着することによって、トータル膜厚が110nm程度の有機化合物膜を形成した。最後に、陰極としてYbを400nm程度蒸着した。

【0092】

本実施例にて作製した有機発光素子の、素子特性を図13に示す。I-V特性は、有機発光素子などの整流性を示す素子に特有の形状を呈している。また、発光スペクトルは $Ir(ppy)_3$ の発光スペクトルに一致しており、 α -NPDの正孔輸送性、 Alq_3 の電子輸送性、BCPのブロッキング性、CBPのホスト材料としての性能、および $Ir(ppy)_3$ の三重項発光性という各機能は、それぞれ発現していることがわかる。

【0093】

このことから、実際は図12(b)に示すとおり、 α -NPDが機能を発現できる領域1201、 $Ir(ppy)_3$ およびCBPが機能を発現できる領域1202、BCPが機能を発現できる領域1203、 Alq_3 が機能を発現できる領域1204は存在するものの、図12(a)の破線部分において、明確な有機界面は存在しないことが示唆される。

【0094】

〔実施例3〕

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置について説明する。図14は本発明の有機発光素子を用いたアクティブマトリクス型発光装置の断面図である。なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。

【0095】

また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

【0096】

図14において、1401は基板であり、ここでは可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板（プラスチックフィルムを含む）を用いればよい。なお、基板1401とは、表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

【0097】

基板1401の上には画素部1411および駆動回路1412が設けられている。まず、画素部1411について説明する。

【0098】

画素部1411は画像表示を行う領域である。基板上には複数の画素が存在し、各画素には有機発光素子に流れる電流を制御するためのTFT（以下、「電流制御TFT」と記す）1402、画素電極（陽極）1403、有機化合物膜1404および陰極1405が設けられている。なお、図14では電流制御TFTしか図示していないが、電流制御TFTのゲートに加わる電圧を制御するためのTFT（以下、「スイッチングTFT」と記す）を設けている。

【0099】

電流制御TFT1402は、ここではpチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図14のように有機発光素子の陽極に電流制御TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTの方が消費電力を押さえることができる。ただし、スイッチングTFTはnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでもよい。

【0100】

また、電流制御TFT1402のドレインには画素電極1403が電気的に接続されている。本実施例では、画素電極1403の材料として仕事関数が4.5～5.5eVの導電性材料を用いるため、画素電極1403は有機発光素子の陽極として機能する。画素電極1403として代表的には、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（ITOなど）を用いればよい。画素電極1403の上には有機化合物膜1404が設けられている。

【0101】

さらに、有機化合物膜1404の上には陰極1405が設けられている。陰極1405の材料としては、仕事関数が2.5～3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。陰極1405として代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したものを、用いればよい。

【0102】

また、画素電極1403、有機化合物膜1404、および陰極1405からなる層は、保護膜1406で覆われている。保護膜1406は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。保護膜1406の材料としては、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化タンタル、もしくは炭素（具体的にはダイヤモンドライクカーボン）を用いる。

【0103】

次に、駆動回路1412について説明する。駆動回路1412は画素部1411に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタが設けられている。図14では、これらの回路の基本単位としてnチャネル型TFT1407およびpチャネル型TFT1408からなるCMOS回路を示している。

【0104】

なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタの回路構成は、公知のものでよい。また図14では、同一の基板上に画素部1411および駆動回路1412を設けているが、駆動回路1412を設けずにICやLSIを電氣的に接続することもできる。

【0105】

また、図14では電流制御TFT1402に画素電極（陽極）1403が電氣的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、画素電極を陰極1405と同様の材料で形成し、陰極を画素電極（陽極）1403と同様の材料で形成すればよい。その場合、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0106】

ところで、図14に示した発光装置は、画素電極1403を形成した後に配線1409を形成する工程で作製されたものを示してあるが、この場合、画素電極1403が表面荒れを起こす可能性がある。有機発光素子は電流駆動型の素子であるため、画素電極1403の表面荒れにより、特性が悪くなることも考えられる。

【0107】

そこで、図15に示すように、配線1509を形成した後に画素電極1503を形成する発光装置も考えられる。この場合、図14の構造に比べて、画素電極1503からの電流の注入性が向上すると考えられる。

【0108】

また、図14および図15においては、正テーパー型の土手状構造1410または1510によって、画素部1411または1511に設置されている各画素を分離している。この土手状構造を、例えば逆テーパー型のような構造にすることにより、土手状構造が画素電極に接しない構造をとることもできる。その一例を図16に示す。

【0109】

図16では、配線を利用して分離部を兼ねた、配線および分離部1610を設けた。図16で示されるような配線および分離部1610の形状（ひさしのある構造）は、配線を構成する金属と、前記金属よりもエッチレートの低い材料（例えば金属窒化物）とを積層し、エッチングすることにより形成することができる。この形状により、画素電極1603や配線と、陰極1605とが、ショートすることを防ぐことができる。なお、図16においては、通常のアクティブマトリクス型の発光装置と異なり、画素上の陰極1605をストライプ状（パッシブマトリクスの陰極と同様）にする構造になる。

【0110】

ここで、図15に示したアクティブマトリクス型発光装置の外観を図17に示す。なお、図17(a)には上面図を示し、図17(b)には図17(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。また、図15の符号を引用する。

【0111】

図17(a)において、1701は画素部、1702はゲート信号側駆動回路、1703はデータ信号側駆動回路である。また、ゲート信号側駆動回路1702およびデータ信号側駆動回路1703に伝送される信号は、入力配線1704を介してTAB (Tape Automated Bonding) テープ1705から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1705の代わりに、TABテープにIC (集積回路) を設けたTCP (Tape Carrier Package) を接続してもよい。

【0112】

このとき、1706は図15に示した有機発光素子の上方に設けられるカバー材であり、樹脂からなるシール材1707により接着されている。カバー材1706は酸素および水を透過しない材質であれば、いかなるものを用いてもよい。本実施例では、カバー材1706は図17(b)に示すように、プラスチック材1706aと、前記プラスチック材1706aの表面および裏面に設けられた炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜）1706b、1706cからなる。

【0113】

さらに、図17(b)に示すように、シール材1707は樹脂からなる封止材1708で覆われ、有機発光素子を完全に密閉空間1709に封入するようになっている。密閉空間1709は不活性ガス（代表的には窒素ガスや希ガス）、樹脂または不活性液体（例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素）を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

【0114】

また、本実施例に示した発光装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0115】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0116】

【実施例4】

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置の例として、パッシブマトリクス型発光装置を例示する。図18(a)にはその上面図を示し、図18(b)には図18(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。

【0117】

図18(a)において、1801は基板であり、ここではプラスチック材を用いる。プラスチック材としては、ポリイミド、ポリアミド、アクリル樹脂、エポキシ樹脂

、PES（ポリエチレンサルファイド）、PC（ポリカーボネート）、PET（ポリエチレンテレフタレート）もしくはPEN（ポリエチレンナフタレート）を板状、もしくはフィルム上にしたものが使用できる。

【0118】

1802は酸化導電膜からなる走査線（陽極）であり、本実施例では酸化亜鉛に酸化ガリウムを添加した酸化物導電膜を用いる。また、1803は金属膜からなるデータ線（陰極）であり、本実施例ではビスマス膜を用いる。また、1804はアクリル樹脂からなるバンクであり、データ線1803を分断するための隔壁として機能する。走査線1802とデータ線1803は両方とも、ストライプ状に複数形成されており、互いに直交するように設けられている。なお、図18(a)では図示していないが、走査線1802とデータ線1803の間には有機化合物層が挟まれており、交差部1805が画素となる。

【0119】

そして、走査線1802およびデータ線1803はTABテープ1807を介して外部の駆動回路に接続される。なお、1808は走査線1802が集合してなる配線群を表しており、1809はデータ線1803に接続された接続配線1806の集合からなる配線群を表す。また、図示していないが、TABテープ1807の代わりに、TABテープにICを設けたTCPを接続してもよい。

【0120】

また、図18(b)において、1810はシール材、1811はシール材1810によりプラスチック材1801に貼り合わされたカバー材である。シール材1810としては光硬化樹脂を用いていけばよく、脱ガスが少なく、吸湿性の低い材料が望ましい。カバー材としては基板1801と同一の材料が好ましく、ガラス（石英ガラスを含む）もしくはプラスチックを用いることができる。ここではプラスチック材を用いる。

【0121】

次に、画素領域の構造の拡大図を図18(c)に示す。1813は有機化合物層である。なお、図18(c)に示すように、バンク1804は下層の幅が上層の幅よりも狭い形状になっており、データ線1803を物理的に分断できる。また、シール材1810で囲まれた画素部1814は、樹脂からなる封止材1815により外気から遮断され、有機

化合物層の劣化を防ぐ構造となっている。

【0122】

以上のような構成からなる本発明の発光装置は、画素部1814が走査線1802、データ線1803、バンク1804および有機化合物層1813で形成されるため、非常に簡単なプロセスで作製することができる。

【0123】

また、本実施例に示した発光装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0124】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0125】

【実施例5】

本実施例では、実施例4で示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0126】

図19(a)に示すモジュールは、基板1901（ここでは、画素部1902、配線1903a、1903bを含む）にTABテープ1904が取り付けられ、前記TABテープ1904を介してプリント配線板1905が取り付けられている。

【0127】

ここで、プリント配線板1905の機能ブロック図を図19(b)に示す。プリント配線板1905の内部には少なくともI/Oポート（入力もしくは出力部）1906、1909、データ信号側駆動回路1907およびゲート信号側回路1908として機能するICが設けられている。

【0128】

このように、基板面に画素部が形成された基板にTABテープが取り付けられ、そ

のTABテープを介して駆動回路としての機能を有するプリント配線版が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特に駆動回路外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0129】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0130】

【実施例6】

本実施例では、実施例3もしくは実施例4に示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0131】

図20(a)に示すモジュールは、基板2001（ここでは、画素部2002、データ信号側駆動回路2003、ゲート信号側駆動回路2004、配線2003a、2004aを含む）にTABテープ2005が取り付けられ、そのTABテープ2005を介してプリント配線板2006が取り付けられている。プリント配線板2006の機能ブロック図を図20(b)に示す。

【0132】

図20(b)に示すように、プリント配線板2006の内部には少なくともI/Oポート2007、2010、コントロール部2008として機能するICが設けられている。なお、ここではメモリ部2009を設けてあるが、必ずしも必要ではない。またコントロール部2008は、駆動回路の制御、映像データの補正などをコントロールするための機能を有した部位である。

【0133】

このように、有機発光素子の形成された基板にコントローラーとしての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特にコントローラー外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0134】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0135】

〔実施例7〕

本実施例では、実施例2で示したような三重項発光素子を、デジタル時間階調表示により駆動する発光装置の例を示す。本実施例の発光装置は、三重項励起状態からの発光を利用することによって高い発光効率を達成できると同時に、デジタル時間階調表示により均一な像を得ることができ、非常に有用である。

【0136】

有機発光素子の構成としては、実施例2で述べた有機化合物膜の構成材料の他、正孔注入性化合物であるCuPcを、 α -NPD以降を本発明で開示したように順次蒸着する前に、陽極上に蒸着した。その後は、実施例2に示した方法で有機化合物膜を成膜した。

【0137】

有機発光素子を用いた画素の、回路構成を図21(a)に示す。Trはトランジスタ、Csはストレージキャパシタを表す。この回路においては、ゲート線が選択されると、電流がソース線からTr1に流れ、その信号に対応する電圧がCsに蓄積される。そして、Tr2のゲートおよびソース間の電圧(V_{gs})により制御される電流が、Tr2および有機発光素子に流れることになる。

【0138】

Tr1が選択されたあとは、Tr1はオフ状態となり、Csの電圧(V_{gs})が保持される。したがって、 V_{gs} に依存するだけの電流を流し続けることができる。

【0139】

このような回路を、デジタル時間階調表示により駆動するチャートを図21(b)に示す。すなわち、1フレームを複数のサブフレームに分割するわけだが、図21(b)では、1フレームを6つのサブフレームに分割する6ビット階調とした。この場合、それぞれのサブフレーム発光期間の割合は、32:16:8:4:2:1となる。

【0140】

本実施例におけるTFT基板の駆動回路の概要を図21(c)に示す。ゲートドライバおよびソースドライバは同じ基板上に設けられている。本実施例では、画素回路

およびドライバは、デジタル駆動するように設計されているため、TFT特性のばらつきの影響を受けることなく、均一な像を得ることができる。

【0141】

【実施例8】

上記実施例で述べた本発明の発光装置は、低消費電力で寿命が長いという利点を有する。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも低い消費電力で動作可能であり、なおかつ長保ちする電気器具となる。特に電源としてバッテリーを使用する携帯機器のような電気器具に関しては、低消費電力化が便利さに直結する（電池切れが起こりにくい）ため、極めて有用である。

【0142】

また、前記発光装置は、自発光型であることから液晶表示装置のようなバックライトは必要なく、有機化合物層の厚みも $1\mu\text{m}$ に満たないため、薄型軽量化が可能である。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも薄型軽量の電気器具となる。このことも、特に携帯機器のような電気器具に関して、便利さ（持ち運びの際の軽さやコンパクトさ）に直結するため、極めて有用である。さらに、電気器具全般においても、薄型である（かさばらない）ことは運送面（大量輸送が可能）、設置面（部屋などのスペース確保）からみても有用であることは疑いない。

【0143】

なお、前記発光装置は自発光型であるために、液晶表示装置に比べて明るい場所での視認性に優れ、しかも視野角が広いという特徴を持つ。したがって、前記発光装置を表示部として有する電気器具は、表示の見やすさの点でも大きなメリットがある。

【0144】

すなわち、本発明の発光装置を用いた電気器具は、薄型軽量・高視認性といった従来の有機発光素子の長所に加え、低消費電力・長寿命という特長も保有しており、極めて有用である。

【0145】

本実施例では、本発明の発光装置を表示部として含む電気器具を例示する。その具体例を図22および図23に示す。なお、本実施例の電気器具に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した素子のいずれを用いてもよい。また、本実施例の電気器具に含まれる発光装置の形態は、図14～図21のいずれの形態を用いても良い。

【0146】

図22(a)は有機発光素子を用いたディスプレイであり、筐体2201a、支持台2202a、表示部2203aを含む。本発明の発光装置を表示部2203aとして用いたディスプレイを作製することにより、薄く軽量で、長保ちするディスプレイを実現できる。よって、輸送が簡便になり、設置の際の省スペースが可能となる上に、寿命も長い。

【0147】

図22(b)はビデオカメラであり、本体2201b、表示部2202b、音声入力部2203b、操作スイッチ2204b、バッテリー2205b、受像部2206bを含む。本発明の発光装置を表示部2202bとして用いたビデオカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のビデオカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0148】

図22(c)はデジタルカメラであり、本体2201c、表示部2202c、接眼部2203c、操作スイッチ2204cを含む。本発明の発光装置を表示部2202cとして用いたデジタルカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のデジタルカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0149】

図22(d)は記録媒体を備えた画像再生装置であり、本体2201d、記録媒体(CD、LD、またはDVDなど)2202d、操作スイッチ2203d、表示部(A)2204d、表示部(B)2205dを含む。表示部(A)2204dは主として画像情報を表示し、表示部(B)2205dは主として文字情報を表示する。本発明の発光装置をこれら表示部(A)2204dや表示部(B)2205dとして用いた前記画像再生装置を作製することにより、消費電力が少なく軽量な上に、長保ちする前記画像再生装置を実現できる。なお、この記録媒体

を備えた画像再生装置には、CD再生装置、ゲーム機器なども含む。

【0150】

図22(e)は携帯型(モバイル)コンピュータであり、本体2201e、表示部2202e、受像部2203e、操作スイッチ2204e、メモリスロット2205eを含む。本発明の発光装置を表示部2202eとして用いた携帯型コンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量な携帯型コンピュータを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。なお、この携帯型コンピュータはフラッシュメモリや不揮発性メモリを集積化した記録媒体に情報を記録したり、それを再生したりすることができる。

【0151】

図22(f)はパーソナルコンピュータであり、本体2201f、筐体2202f、表示部2203f、キーボード2204fを含む。本発明の発光装置を表示部2203fとして用いたパーソナルコンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量なパーソナルコンピュータを実現できる。特に、ノートパソコンのように持ち歩く用途が必要な場合、電池の消費量や軽さの点で大きなメリットとなる。

【0152】

なお、上記電気器具はインターネットなどの電子通信回線や電波などの無線通信を通じて配信される情報を表示することが多くなってきており、特に動画情報を表示する機会が増えている。有機発光素子の応答速度は非常に速く、そのような動画表示に好適である。

【0153】

次に、図23(a)は携帯電話であり、本体2301a、音声出力部2302a、音声入力部2303a、表示部2304a、操作スイッチ2305a、アンテナ2306aを含む。本発明の発光装置を表示部2304aとして用いた携帯電話を作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量な携帯電話を実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも楽になる上にコンパクトな本体にできる。

【0154】

図23(b)は音響機器(具体的には車載用オーディオ)であり、本体2301b、表示部2302b、操作スイッチ2303b、2304bを含む。本発明の発光装置を表示部2302bと

して用いた音響機器を作製することにより、消費電力が少なく、軽量の音響機器を実現できる。また、本実施例では車載用オーディオを例として示すが、家庭用オーディオに用いても良い。

【0155】

なお、図22～図23で示したような電気器具において、さらに光センサを内蔵させ、使用環境の明るさを検知する手段を設けることで、使用環境の明るさに応じて発光輝度を変調させるような機能を持たせることは有効である。使用者は、使用環境の明るさに比べてコントラスト比で100～150の明るさを確保できれば、問題なく画像もしくは文字情報を認識できる。すなわち、使用環境が明るい場合は画像の輝度を上げて見やすくし、使用環境が暗い場合は画像の輝度を抑えて消費電力を抑えるといったことが可能となる。

【0156】

また、本発明の発光装置を光源として用いた様々な電気器具も、低消費電力での動作や薄型軽量化が可能であるため、非常に有用と言える。代表的には、液晶表示装置のバックライトもしくはフロントライトといった光源、または照明機器の光源として本発明の発光装置を含む電気器具は、低消費電力の実現や薄型軽量化が可能である。

【0157】

したがって、本実施例に示した図22～図23の電気器具の表示部を、全て液晶ディスプレイにする場合においても、その液晶ディスプレイのバックライトもしくはフロントライトとして本発明の発光装置を用いた電気器具を作製することにより、消費電力が少なく、薄くて軽量の電気器具が達成できる。

【0158】

【発明の効果】

本発明を実施することで、消費電力が少ない上に、寿命も優れた発光装置を得ることができる。さらに、そのような発光装置を光源もしくは表示部に用いることで、明るく消費電力が少ない上に、長保ちする電気器具を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

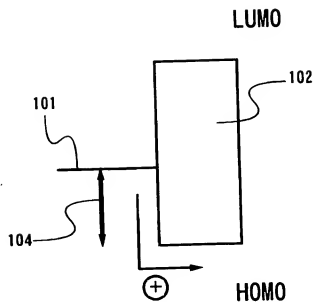
【図1】正孔注入層の役割を示す図。

- 【図 2】有機発光素子の構成を示す図。
- 【図 3】有機発光素子の構成を示す図。
- 【図 4】蒸着装置を示す図。
- 【図 5】蒸着装置を示す図。
- 【図 6】蒸着時の真空度を示す図。
- 【図 7】有機化合物膜の断面TEM写真を示す図。
- 【図 8】有機発光素子の特性を示す図。
- 【図 9】従来の有機発光素子の構造を示す図。
- 【図 1 0】図 1 1 における有機化合物膜の構成を示す図。
- 【図 1 1】有機化合物膜の断面TEM写真を示す図。
- 【図 1 2】有機発光素子の構造を示す図。
- 【図 1 3】有機発光素子の特性を示す図。
- 【図 1 4】発光装置の断面構造を示す図。
- 【図 1 5】発光装置の断面構造を示す図。
- 【図 1 6】発光装置の断面構造を示す図。
- 【図 1 7】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。
- 【図 1 8】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。
- 【図 1 9】発光装置の構成を示す図。
- 【図 2 0】発光装置の構成を示す図。
- 【図 2 1】発光装置の構成を示す図。
- 【図 2 2】電気器具の具体例を示す図。
- 【図 2 3】電気器具の具体例を示す図。

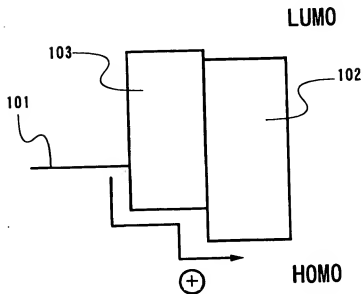
【書類名】

図面

【図 1】

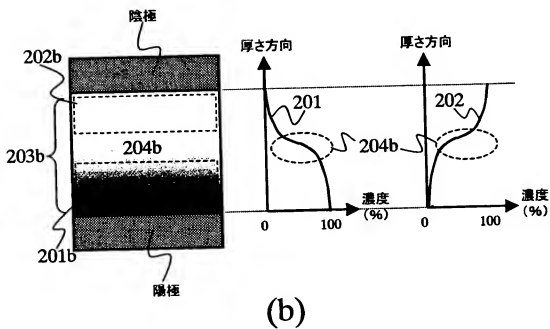
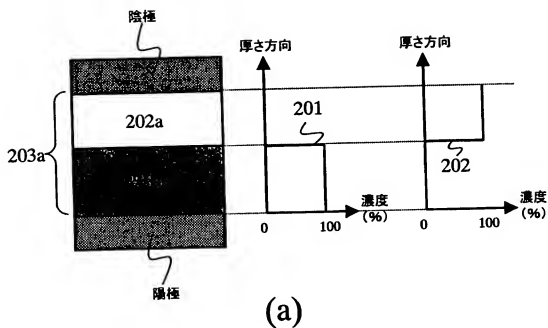


(a)

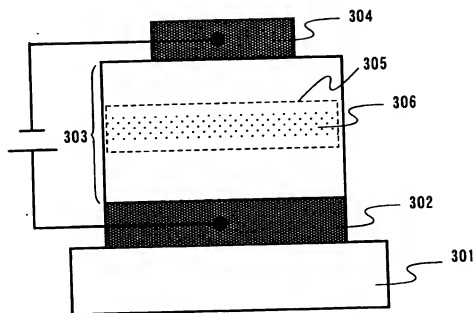


(b)

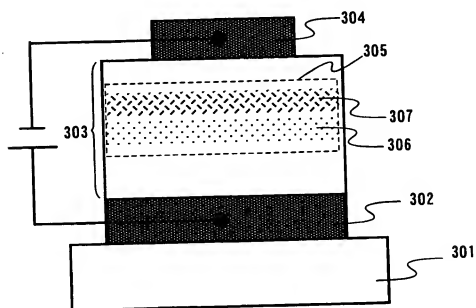
【図 2】



【図3】

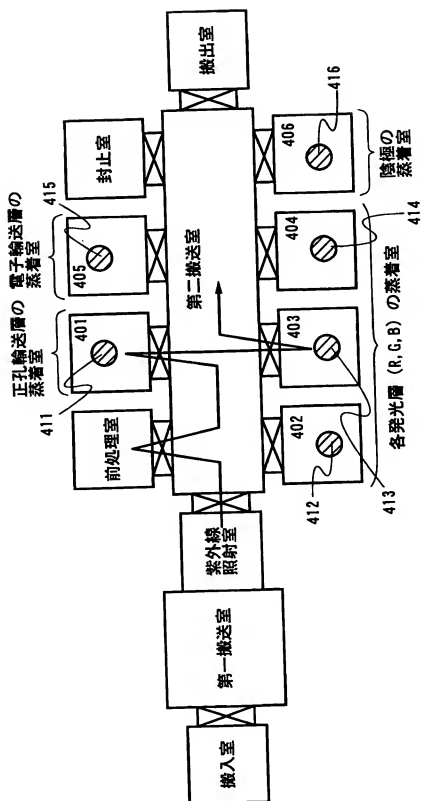


(a)

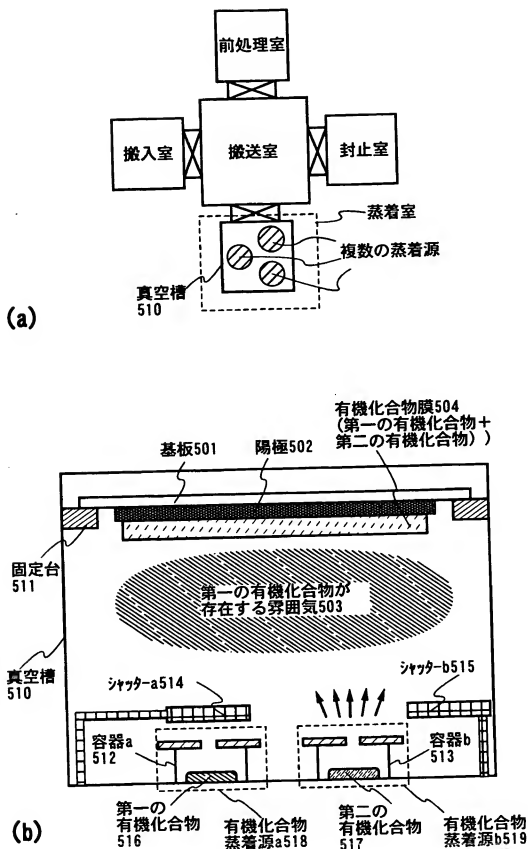


(b)

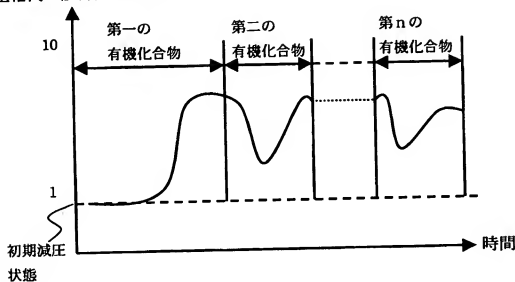
【図4】



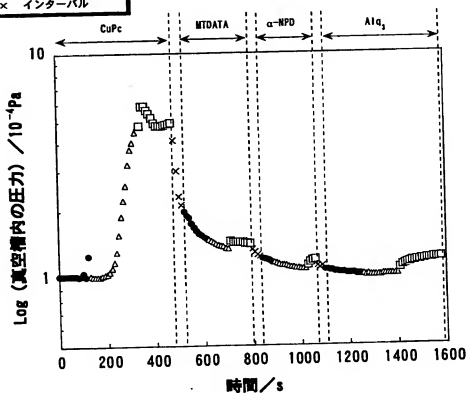
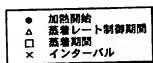
【図5】



【図6】

真空槽内の圧力/ 10^{-4} Pa

(a)

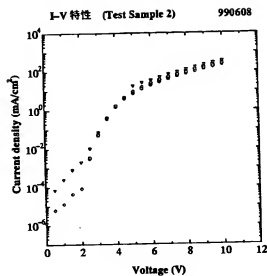


(b)

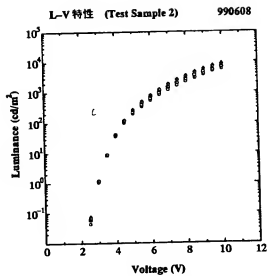
【図7】



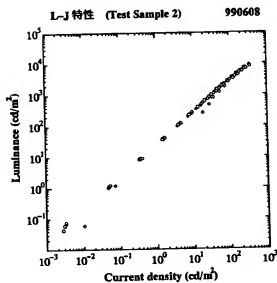
【図8】



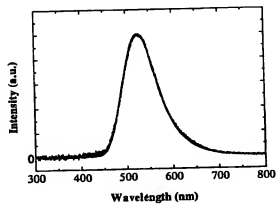
(a) I-V 特性



(b) L-V 特性

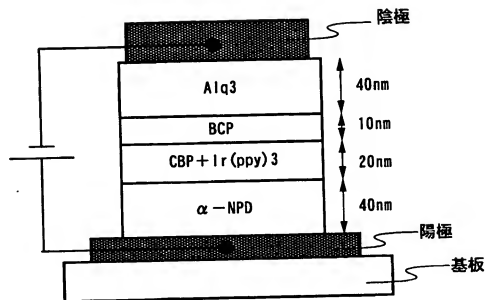


(c) L-J 特性

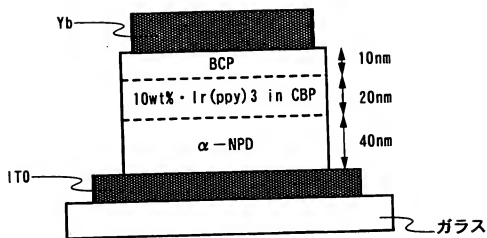


(d) 発光スペクトル

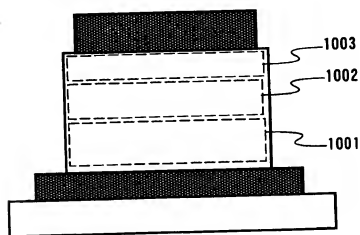
【図9】



【図10】

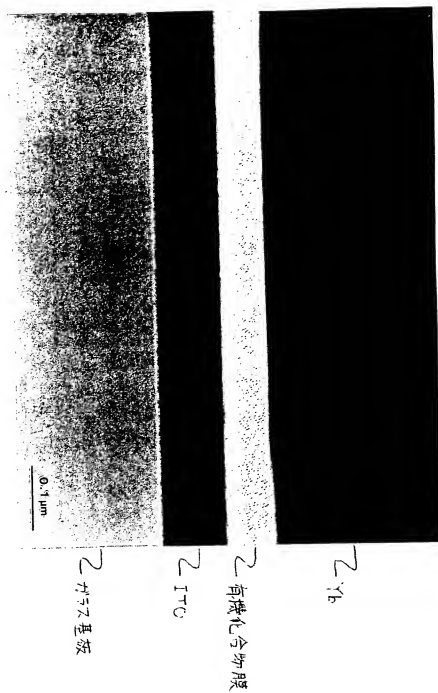


(a)

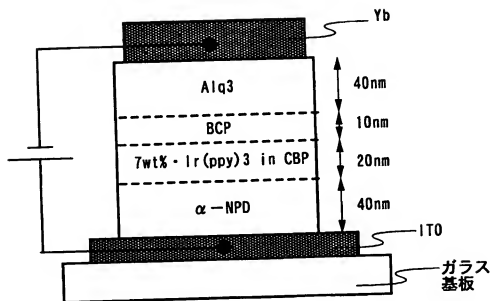


(b)

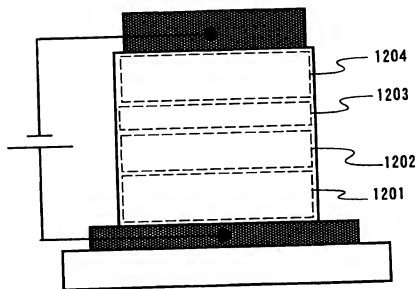
【図11】



【図12】

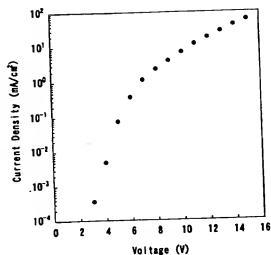


(a)

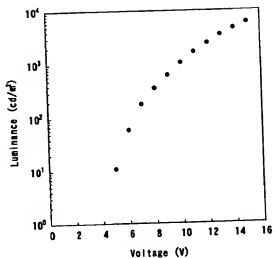


(b)

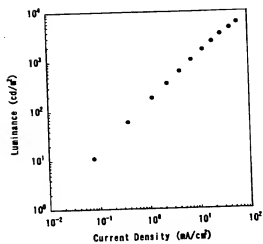
【図13】



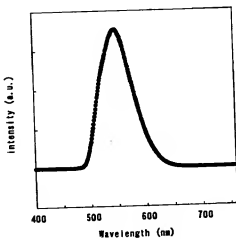
(a) I-V 特性



(b) L-V 特性

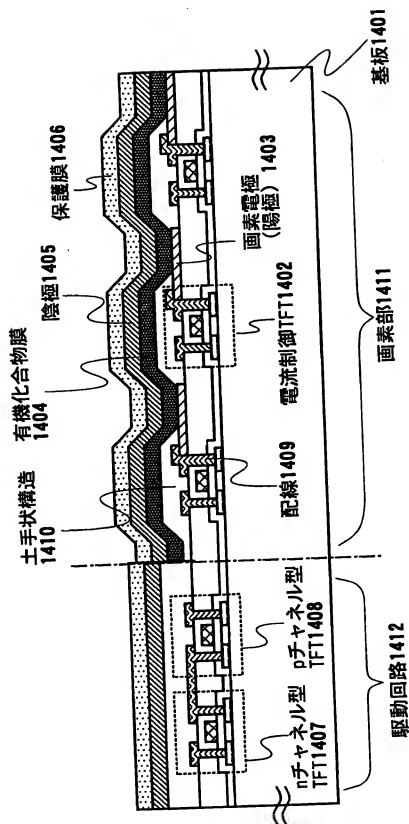


(c) L-J 特性

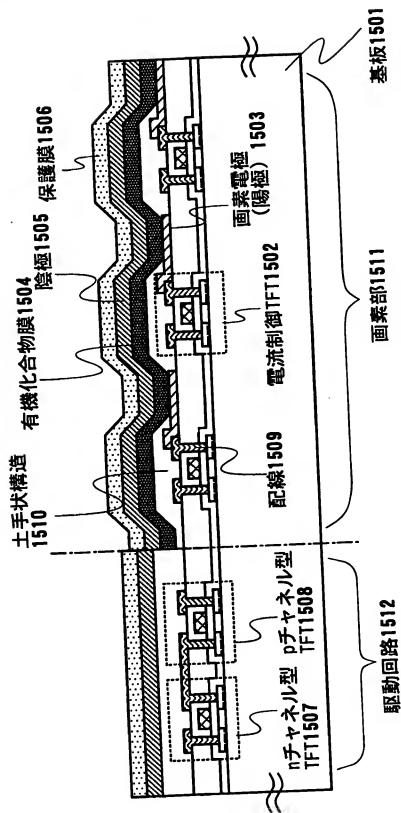


(d) 発光スペクトル

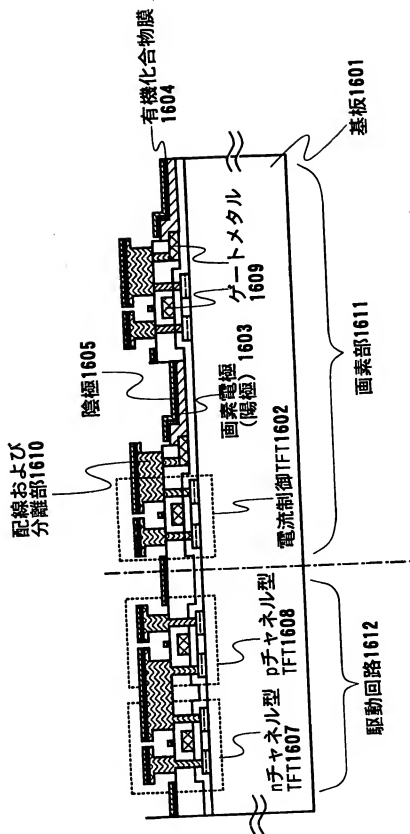
【図14】



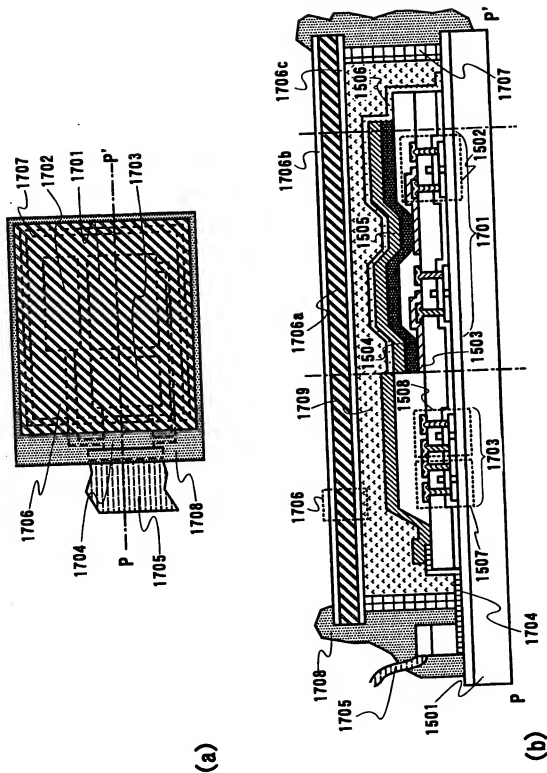
【図15】



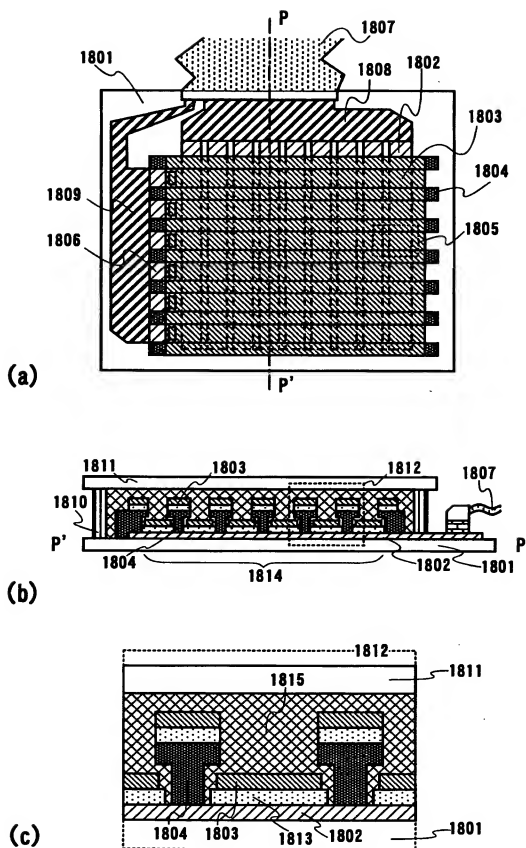
【図16】



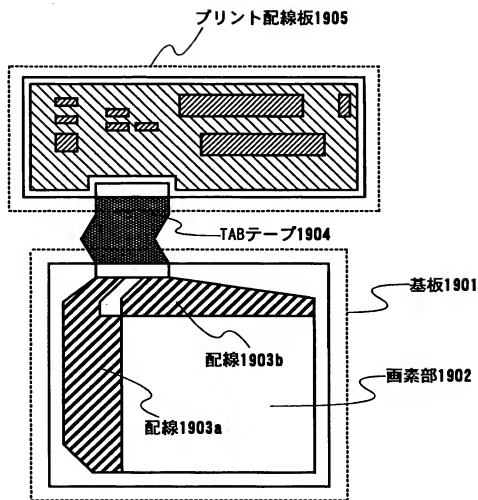
【図17】



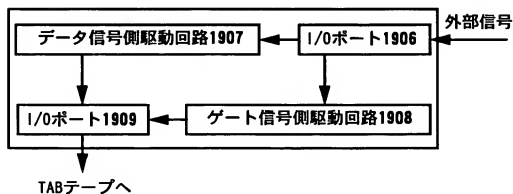
【図18】



【図19】

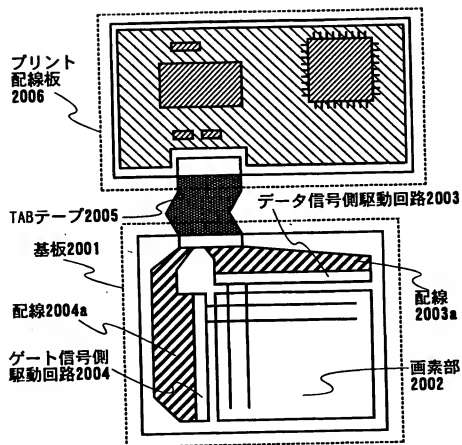


(a)

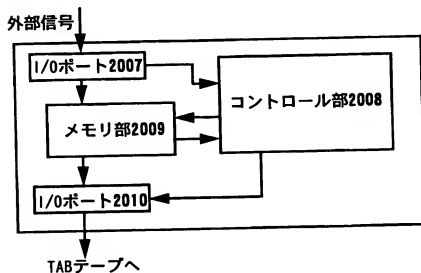


(b)

【図20】

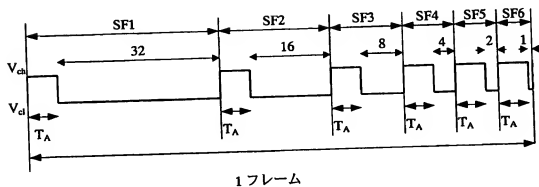
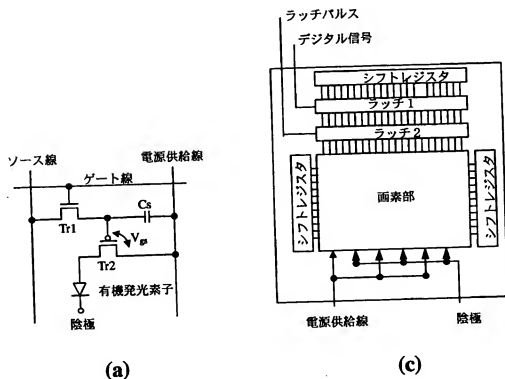


(a)



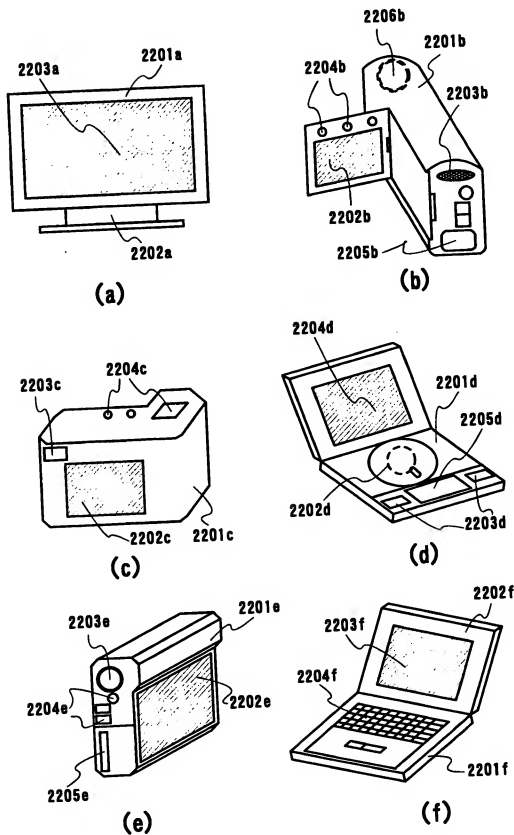
(b)

【図 21】

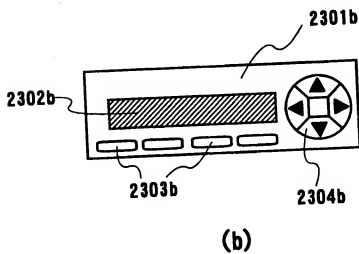
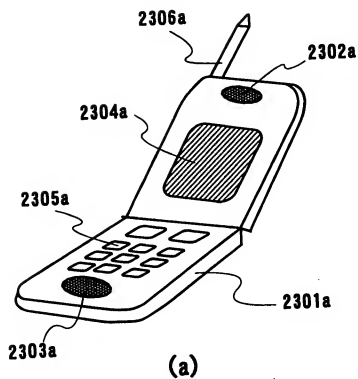


SF1-SF6:サブフレーム, T_A : 書き込み時間

【図 22】



【図23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低消費電力で、寿命の長い発光装置および電気器具を提供する。

【解決手段】 有機化合物膜203b内に、第一の有機化合物201の濃度および第二の有機化合物202の濃度が徐々に変化している領域204bを設け、なおかつ、第一の有機化合物が機能を発現できる領域201bおよび第二の有機化合物が機能を発現できる領域202bは存在する構造を形成し、各材料の機能を発現する。この手法により、消費電力が低く寿命の長い有機発光素子を提供し、前記有機発光素子を用いて発光装置および電気器具を作製する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000153878]

1. 変更年月日

1990年 8月17日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県厚木市長谷398番地

氏 名

株式会社半導体エネルギー研究所